



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 49 698 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 09 B 29/10**  
G 01 C 21/20  
G 06 T 11/20  
G 08 G 1/0962

⑦① Aktenzeichen: 199 49 698.6  
⑦② Anmeldetag: 15. 10. 1999  
④③ Offenlegungstag: 19. 4. 2001

**DE 199 49 698 A 1**

⑦① Anmelder:  
Alcatel, Paris, FR

⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte U. Knecht und Kollegen, 70435  
Stuttgart

⑦② Erfinder:  
Beier, Wolfgang, Dipl.-Ing., 71263 Weil der Stadt,  
DE

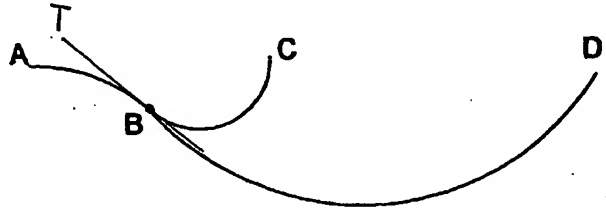
⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	197 42 463 A1
US	54 65 089
EP	07 98 540 A1
EP	07 89 225 A1
EP	07 38 875 A2
WO	95 14 910 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren zur Erzeugung einer digitalen Fahrwege-Netzkarte

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer digitalen Fahrwege-Netzkarte, insbesondere einer Straßen- oder Schienen-Netzkarte. Um ein genaues Abbild des tatsächlichen Straßenverlaufes darzustellen, die benötigte Speicherkapazität zu minimieren und Kartendaten bereitzustellen, die direkt mit Positionsmeßwerten verglichen werden können, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass Kreisbögen (A-B, B-C, B-D) stetig miteinander vernetzt werden, wobei unter Kreisbögen (A-B, B-C, B-D) auch Geraden und Klothoiden subsumiert sind.



**DE 199 49 698 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer digitalen Fahrwege-Netzkarte, insbesondere einer Straßen- oder Schienen-Netzkarte. Bei einem aus der WO 95/14 910 bekannten derartigen Verfahren wird der Straßenverlauf als Polygonzug definiert, wobei die Abknickpunkte des Polygonzuges als Referenzpunkte gespeichert werden. Mittels eines iterativen Verfahrens werden stärker gekrümmte Straßenabschnitte durch eine größere Anzahl von Referenzpunkten charakterisiert. Nachteilig bei diesem Verfahren ist die große Anzahl benötigter Referenzpunkte. Dennoch ergibt sich auch bei mittels vieler Referenzpunkte "geglättetem" Polygonzug nur ein ungenaues Abbild des tatsächlichen Straßenverlaufes. Außerdem ist kein direkter Vergleich von Meßwerten zur Positionsbestimmung mit den gespeicherten Daten der Straßennetzkarte möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die oben genannten Nachteile zu beseitigen und ein gattungsgemäßes Verfahren anzugeben, das bei geringerem Speicherbedarf eine genauere Wiedergabe des Straßenverlaufes gestattet. Darüber hinaus soll die zu erzeugende digitale Fahrwege-Netzkarte möglichst benutzerfreundlich im Hinblick auf direkte Vergleichbarkeit der Positionsmeßwerte mit den Daten der Fahrwege-Netzkarte sein.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, die Fahrwege-Netzkarte nicht durch eine Kette von definierten Punkten und eine Liste von Verbindungen – polygonzugartig –, sondern durch eine stetige, knickfreie Aneinanderreihung von Kreisbögen darzustellen. Als Sonderfälle von Kreisbögen gelten dabei auch solche mit einem unendlichen Krümmungsradius, nämlich Geraden und stetige Übergänge zwischen Kreisbögen verschiedener Krümmungsradien, nämlich Klothoiden. Durch die Kreisbogenannäherung an den tatsächlichen Straßenverlauf ergibt sich eine gegenüber der Polygonzugvariante erheblich verbesserte Genauigkeit. Das Verfahren zeichnet sich außerdem durch ein geringeres Datenvolumen der fahrzeugintern zu speichernden oder via Broadcast bedarfsweise an das Fahrzeug zu übertragenden Fahrwege-Netzkarte sowie durch leichtere Erzeugbarkeit der benötigten Daten aus.

Anspruch 2 charakterisiert eine vorteilhaftere Organisation der Datenstruktur der Fahrwege-Netzkarte. Diese Darstellung ist mathematisch schon überbestimmt, da bei bekannter Anfangsrichtung an einem Verzweigungspunkt nach jedem Kreisbogen, der anschließt, auch schon sein Endpunkt definiert ist. Am letzten Kreisbogen muß dieser Endpunkt identisch mit dem nächsten Verzweigungspunkt sein. Diese Überbestimmung kann als zusätzliche Kontrolle benutzt oder vernachlässigt werden. Eine weitere Überbestimmung, die für Kontrollzwecke nutzbar ist, besteht darin, dass die Entfernung zwischen den Verzweigungspunkten der Summe der Bogenlängen der Kreisbögen zwischen diesen Verzweigungspunkten entsprechen muß.

Um den Datensatz besonders effektiv erstellen und pflegen zu können, sollte er direkt aus den Bauzeichnungen der Straßenbauämter übernommen werden. Bauzeichnungen liegen größtenteils ebenfalls in Verzweigungspunkten und deren Koordinaten und Richtungen vor, wobei der Straßenverlauf in Kreisbögen beziehungsweise Klothoiden definiert ist. Durch eine derartige Direktübernahme ergibt sich eine bestmögliche Genauigkeit im Hinblick auf die Abbildung des tatsächlichen Straßenverlaufes. Die so definierte Darstellung von Straßennetzen ist bei Berücksichtigung der Breite einer Straße schon genauer als notwendig. Das kann man ausnutzen, um die Größe des Datensatzes so klein wie mög-

lich zu halten. Es ist nicht erforderlich, alle theoretisch definierbaren Krümmungen beziehungsweise Bogenlängen auch in den Datensatz einzubeziehen. Das ist auch deshalb besonders vorteilhaft, da die Straßenbauregeln bestimmte Bogenradien bevorzugen. Da Ein- und Ausfahrten von Autobahnen und auch die Autobahnen selbst in den meisten Fällen mit einer geringen Anzahl bewährter Krümmungsradien gebaut werden, wobei die üblichen Krümmungsradien von Ein- und Ausfahrten sich erheblich von denen der Autobahnplanung unterscheiden, reduziert sich die zu speichernde oder an das Fahrzeug zu übertragende Datenmenge. Die festen Muster, nach denen Ein- und Ausfahrten gebaut werden, können beispielsweise aus einem Register entnommen werden und mit einigen Attributen, die Besonderheiten charakterisierten, skaliert werden.

In ähnlicher Weise wie die oben geschilderte Anwendung der Straßenbauregeln auf die Erstellung einer digitalen Straßennetzkarte können auch Schienenverlegungsregeln zur Erstellung einer digitalen Schienennetzkarte herangezogen werden.

Die Parameter der Verzweigungspunkte können gemäß Anspruch 3 als Relativwerte in Bezug auf einen bekannten Referenzpunkt angegeben werden. Der Referenzpunkt kann beispielsweise der Startpunkt einer Fahrt sein, wobei abschnittsweise ein neuer quasi aktueller Referenzpunkt zugrunde gelegt werden kann. Insbesondere kann dieser neue Referenzpunkt ein wohlbekannter Verzweigungspunkt sein. Denkbar ist jedoch auch, alle Koordinaten und/oder Richtungen der Verzweigungspunkte als Absolutwerte anzugeben.

Die Klothoiden können gemäß Anspruch 4 in vereinfachender Weise als kubische Parabeln dargestellt werden. Große Qualitätseinbußen ergeben sich dadurch nicht.

Anspruch 5 betrifft ein System zur bordautonomen Feststellung, ob ein Fahrzeug auf einem von mehreren mittels einer digitalen Fahrwege-Netzkarte vorgegebenen Fahrweg fährt oder nicht. Dabei ist vorgesehen, dass die Fahrwege-Netzkarte einen Datensatz, bestehend aus Verzweigungspunkt-, Entfernungs- und Kreisbögendaten, beinhaltet. Die Struktur des Datensatzes kann an die Merkmale des Anspruchs 2 angelehnt sein.

Besonders vorteilhaft ist ein in Anspruch 6 gekennzeichnetes Datenformat, das einen direkten, umrechnungsfreien Vergleich der Daten der digitalisierten Fahrwege-Netzkarte mit beispielsweise tachometrisch oder gyrometrisch gewonnenen Meßdaten gestattet. Da fehlerbehaftete Umrechnungen entfallen, ergibt sich eine bestmögliche Genauigkeit der Entscheidung, ob ein bestimmter Fahrweg gerade benutzt wird oder nicht. Wegen der sehr ungenauen Positionsbestimmung durch ein GPS (Global Positioning System)-Verfahren wird die verbesserte Entscheidungssicherheit im Wesentlichen durch ein gyrometrisches Meßverfahren mittels eines Kreisels bestimmt. Der Kreisel mißt die Drehung des Fahrzeuges bei Kurvenfahrten in sehr hoher Genauigkeit. Diese Kreiselmeßwerte sind unmittelbar mit den Krümmungsradien der aus der Fahrwege-Netzkarte zugeordneten Kreisbögen vergleichbar. Beispielsweise kann das Verlassen einer Autobahn mit größtmöglicher Zuverlässigkeit erkannt werden, da der Krümmungsradius einer Autobahnausfahrt – wie oben geschildert – sich fast immer in Größenordnungen von Autobahnkrümmungen unterscheidet. Die physikalische Größe, die der Kreisel mißt, liegt in dem Fahrwege-Netzkarten-Datensatz bereits vor und muß nicht erst durch fehlerbehaftete oder auf Schätzwerten beruhende Umrechnungen erzeugt werden. Die verbesserte Entscheidungssicherheit hinsichtlich des Befahrens oder Verlassens einer Autobahn ist insbesondere für die Verwendung des Verfahrens beziehungsweise des Systems in bordautonomen Stra-

Bengebühren-Erfassungsgeräten von großem Vorteil.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines figürlich dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Die Figur zeigt einen Straßenverlauf A-C beziehungsweise A-D, wobei im Punkt B eine Verzweigung in Richtung C oder Richtung D beginnt. Es ist ersichtlich, dass die drei Teilabschnitte A-B, B-C und B-D Kreisbögen repräsentieren. Miteinander vernetzte Kreisbögen, inklusive Geraden und Klothoiden ermöglichen eine sehr genaue Abstraktion des Straßenverlaufes. Die Kreisbögen A-B, B-C und B-D gehen stetig ineinander über, so dass auch der Verzweigungspunkt B eine eindeutige Richtung hat, die der Tangentenrichtung T aller drei Kreisbögen A-B, B-C und B-D an dieser Stelle B entspricht. Im Verzweigungspunkt B ist wegen der stetigen Übergänge kein Knick vorhanden. Die Entscheidung, ob eine, insbesondere gebührenpflichtige, Straße A-D an der Verzweigung B in Richtung einer Abfahrt B-C verlassen wird, ist auf sehr einfache Weise mit höchster Sicherheit möglich, indem ein Kreiselmeßgerät die Fahrzeugdrehung bei einer Kurvenfahrt mißt und dieser Meßwert mit den beiden Krümmungswerten für die Alternativen B-C und B-D verglichen wird. Als besonderer Vorteil kommt hier auch die Unmöglichkeit der Manipulation der inertialen Drehung des Kreisels zum Tragen.

Die Erfindung beschränkt sich nicht auf das vorstehend angegebene Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche auch bei grundsätzlich anders gearteter Ausführung von den Merkmalen der Erfindung Gebrauch machen.

insbesondere Tachometer- und Kreiselmeßgeräte, gestattet.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung einer digitalen Fahrwege-Netzkarte, insbesondere einer Straßen- oder Schienen-Netzkarte, **dadurch gekennzeichnet**, dass Kreisbögen (A-B, B-C, B-D) stetig miteinander vernetzt werden, wobei unter Kreisbögen (A-B, B-C, B-D) auch Geraden und Klothoiden subsumiert sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Datensatz, bestehend aus Koordinaten und Richtungen von Verzweigungspunkten (B), einer Liste der Verbindungen zwischen diesen Verzweigungspunkten (B) in Form von Entfernungen und je Verbindung einer Liste der Kreisbögen (A-B, B-C, B-D) in Form von Wertepaaren [Krümmungsradius; Bogenlänge] erstellt wird, wobei die Richtung des Verzweigungspunktes (B) als gemeinsame Tangentenrichtung (T) der stetig ineinander übergehenden Kreisbögen (A-B, B-C, B-D) definiert ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Koordinaten und/oder die Richtungen der Verzweigungspunkte (B) als Abweichungswerte relativ zu mindestens einem bekannten Referenzpunkt angegeben werden.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Klothoiden als kubische Parabeln dargestellt werden.
5. System zur bordautonomen Feststellung, ob ein Fahrzeug auf einem von mehreren mittels einer digitalen Fahrwege-Netzkarte vorgegebenen Fahrweg fährt oder nicht, dadurch gekennzeichnet, dass die Fahrwege-Netzkarte einen Datensatz bestehend aus Verzweigungspunkt-, Entfernungs- und Kreisbögendaten beinhaltet.
6. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Datensatz der Fahrwege-Netzkarte Daten beinhaltet, deren Format einen umrechnungsfreien Vergleich mit Meßwerten fahrzeuginterner Meßgeräte,

